U N I V E R S I T E   C A D I   A Y Y A D

FACULTE DES SCIENCES SEMLALIA

MARRAKECH

GEOMATIQUE

COURS 1/1

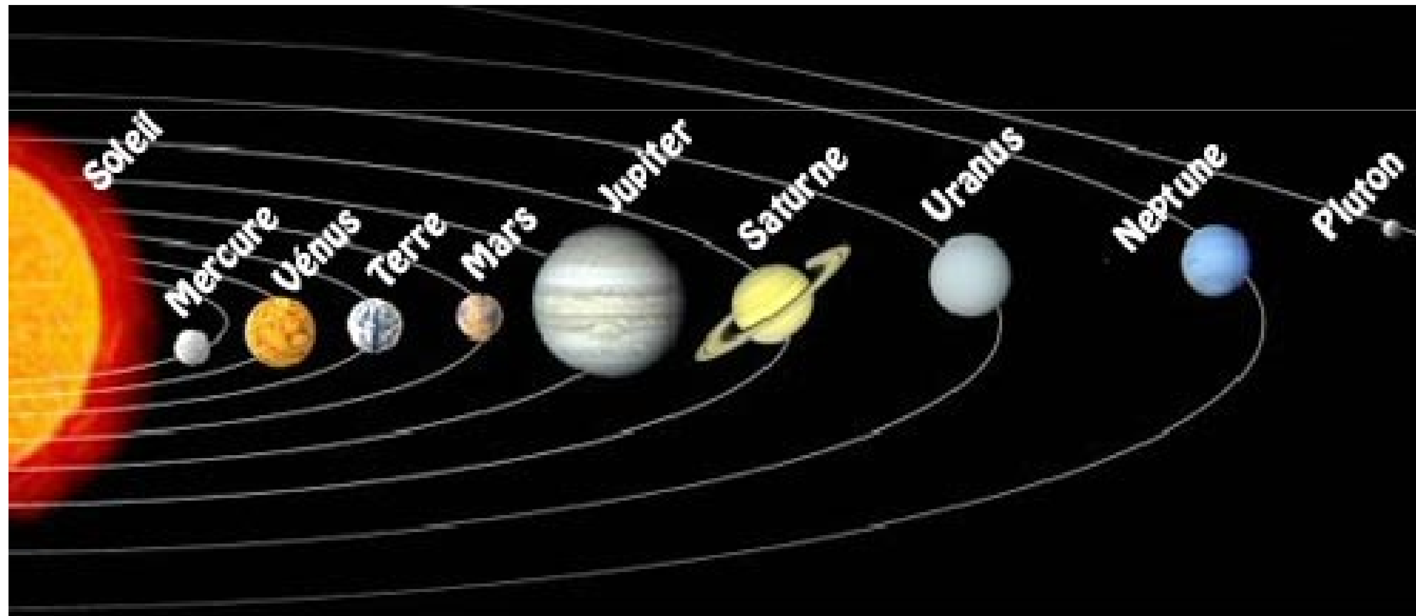
Pr. Taj-Eddine Kamal

2014_2015

INTRODUCTION

La Terre

Troisième planète du système solaire dans l'ordre croissant des distances au Soleil, la terre a la forme d'une sphère légèrement aplatie aux pôles, dont le rayon moyen est de 6371 kilomètres et la circonférence équatoriale de 40 076 Km. Sa superficie atteint 510 101 000 Km² et son volume 1 083 320 millions de kilomètres cubes.



Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Généralités sur les systèmes de coordonnées

Un objectif important de la cartographie est de représenter des éléments de la réalité avec le plus d'exactitude possible dans le positionnement absolu ou relatif.

Pour cela, la localisation des éléments dans l'espace (2D ou 3D) doit se faire en s'appuyant sur un référentiel que l'on appelle le système de coordonnées.

Par nature, la surface terrestre n'est pas une forme géométriquement parfaite, une approximation mathématique est donc nécessaire pour pouvoir en faire un référentiel à partir duquel sera construit le système de coordonnées. Cette forme mathématique théorique peut varier selon la zone géographique et la précision recherchée.

- Surface naturelle terrestre = géoïde
- Approximation mathématique de la surface de la terre = ellipsoïde

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Définitions

géodésie: détermination mathématique de la forme de la Terre.

topographie: mesures des dimensions de la Terre, coordonnées géographiques des points, altitudes, ….

cartographie: élaboration et dessin des cartes, avec souvent un souci artistique.

géographie: observation et description de notre environnement physique et ses modifications. .

Pôle : chacune des deux extrémités de l'axe de rotation de la Terre sur elle-même.

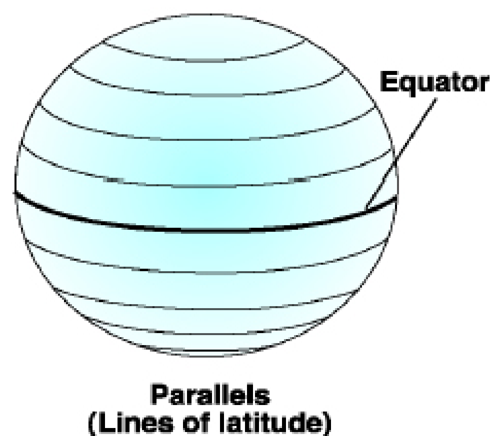
Verticale : direction suivant laquelle s'exerce la pesanteur. Elle est donnée par la direction que prend le fil à plomb en un point quelconque de la surface de la Terre.

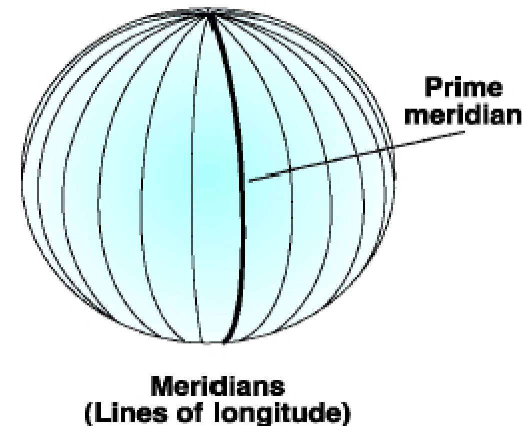
Plan Horizontal : en un point quelconque, c'est le plan perpendiculaire à la verticale.

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Méridien : ligne imaginaire formée par une juxtaposition de points situés à la même longitude et passant par les pôles

Parallèle : lignes imaginaire formé par une juxtaposition de points situés à la même latitude et parallèles à l'équateur. L'équateur est le grand cercle du globe dont le plan est perpendiculaire à l'axe des pôles. C'est le parallèle équidistant des deux pôles.

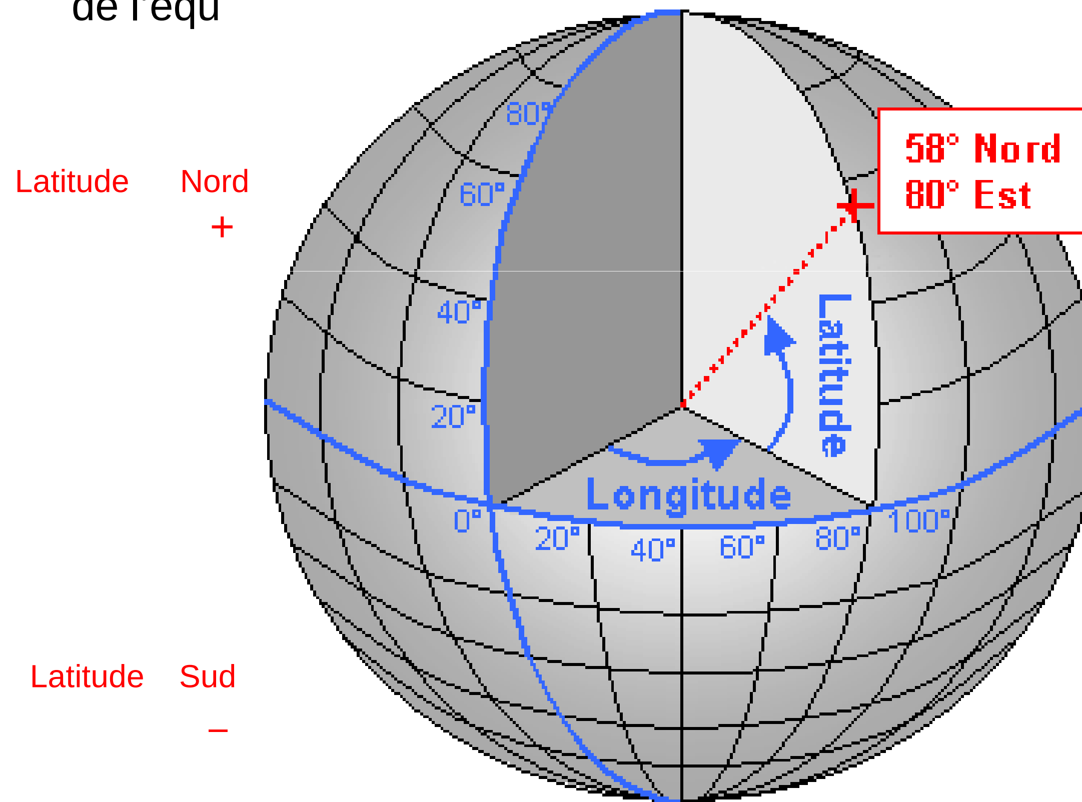




L'Equateur et les Méridiens matérialisent les plus grandes circonférences de la sphère terrestre dont les plans passent par le centre de la Terre :

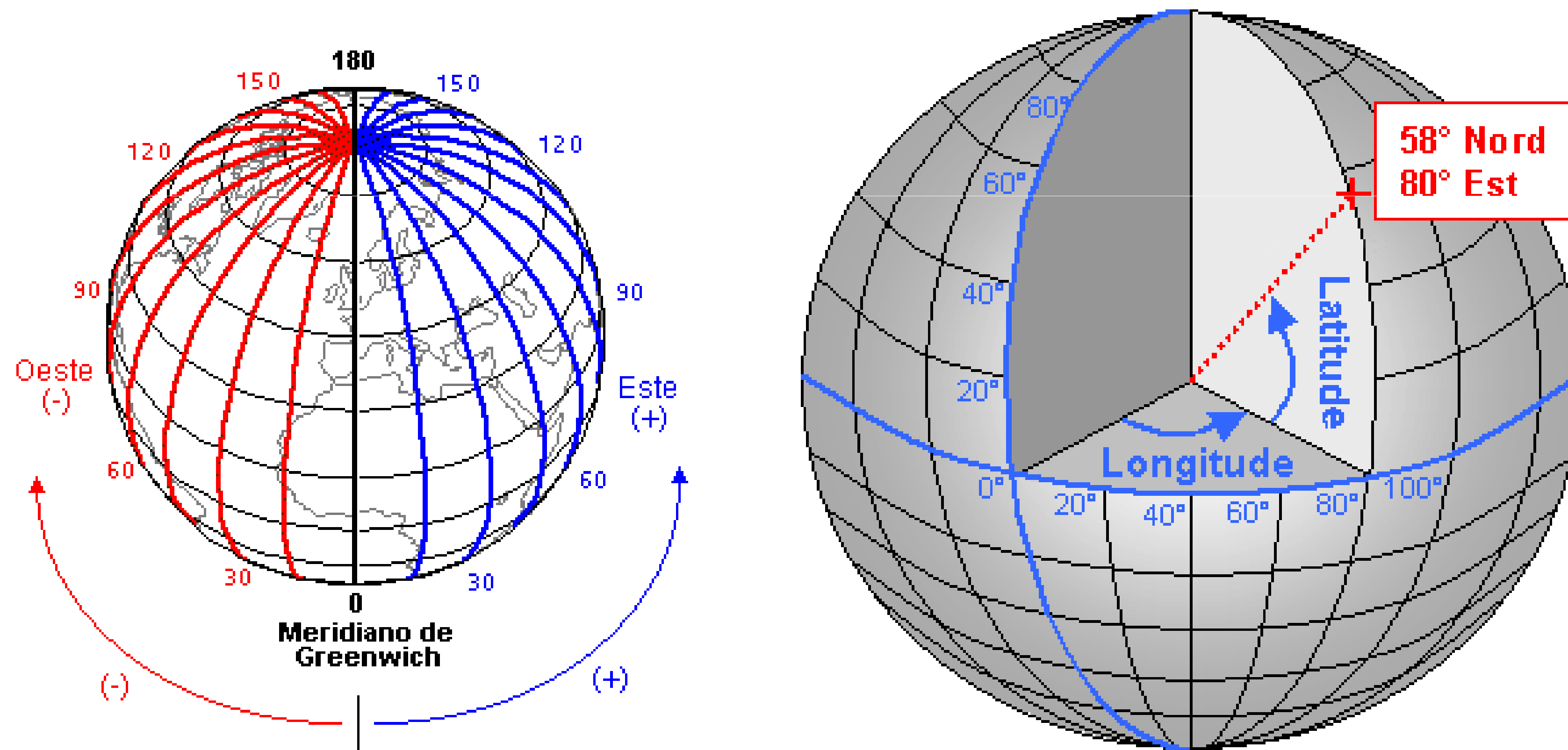
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Latitude : c’est l’angle que fait la verticale d’un lieu avec le plan équatorial. L’Equateur est à la latitude 0°, les pôles sont à la latitude 90°. La latitude est positive et dite Nord (N) de l’Equateur vers le pôle Nord. Négative et dite Sud au Sud de l’équ



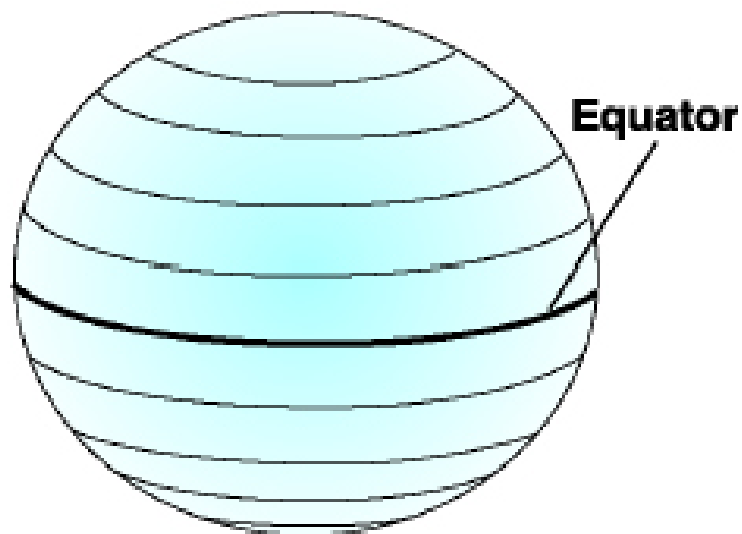
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

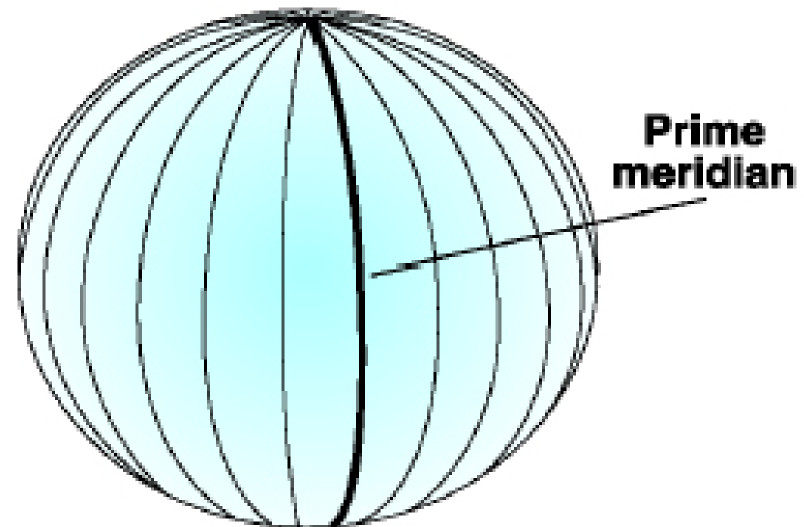
Longitude : c'est l'angle entre le plan du méridien de Greenwich et le plan du méridien passant par le point. Le méridien de Greenwich est à la longitude 0°. La longitude est dite Ouest à l'Ouest du méridien de Greenwich et elle a une valeur négative comprise entre 0° et -180°. Elle est dite Est à l'Est du méridien de Greenwich et de valeur positive entre 0° et 180°.



Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

L’Equateur et les Méridiens matérialisent les plus grandes circonférences de la sphère terrestre dont les plans passent par le centre de la Terre :

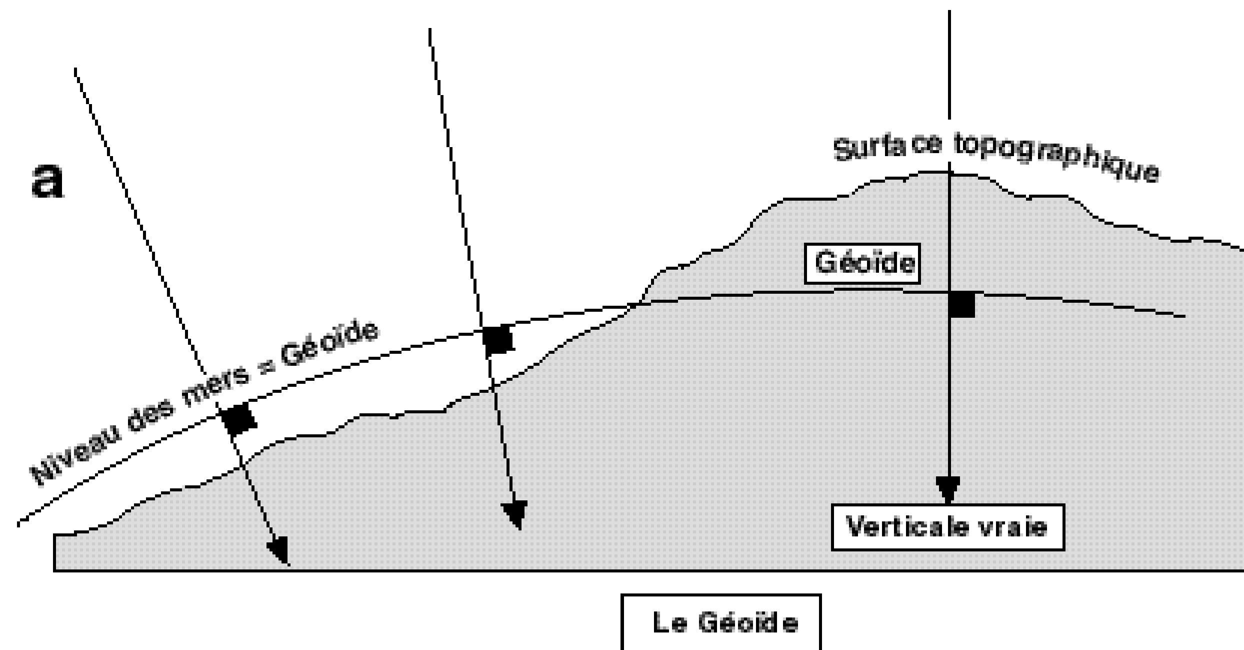




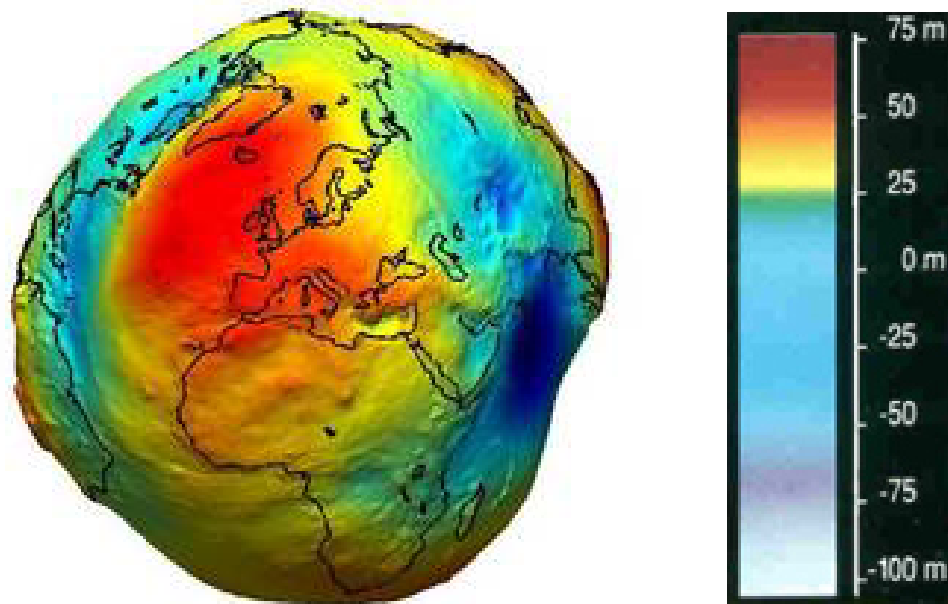
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Géoïde: surface équipotentielle du champ de gravité terrestre ramenée au niveau zéro moyen des mers et en chaque point perpendiculaire à la direction de la "*verticale locale*".

Les géoïdes sont des représentations gravitationnelles de la surface de la terre. La géométrie des géoïdes est complexe et ne peut être formulée mathématiquement de façon simple. Ils ne peuvent donc pas être utilisés en cartographie.



Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

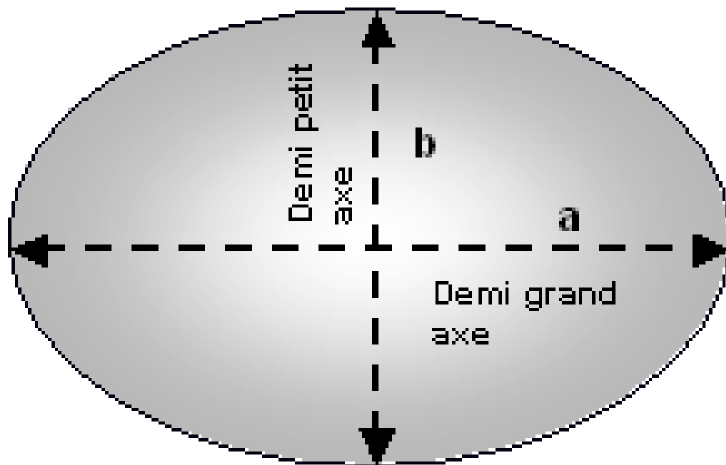


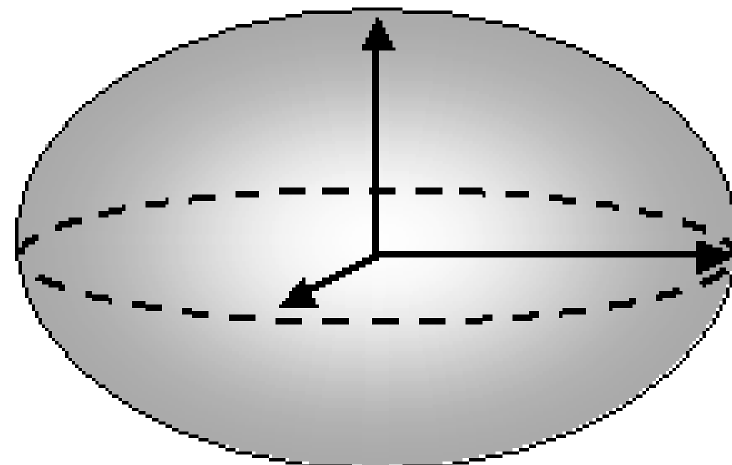
Un premier modèle, une surface théorique : le géoïde*

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Ellipsoïde: surface mathématique coïncidant aussi bien que possible avec le "géoïde.

Appelé *Sphéroïd* en anglais, l'ellipsoïde est une surface géométrique permettant de représenter assez fidèlement la forme du géoïde. Il s'obtient en faisant tourner une ellipse par rapport à un de ses deux axes. Les ellipsoïdes utilisés en géodésie ont un coefficient d'aplatissement très faible (environ 0.003). Pour cette raison on parlera souvent de sphéroïde. Un ellipsoïde se définit par la longueur de son demi grand axe (a) et la longueur de son demi petit axe (b). L'aplatissement d'un ellipsoïde est égale à f=(a-b)/a.

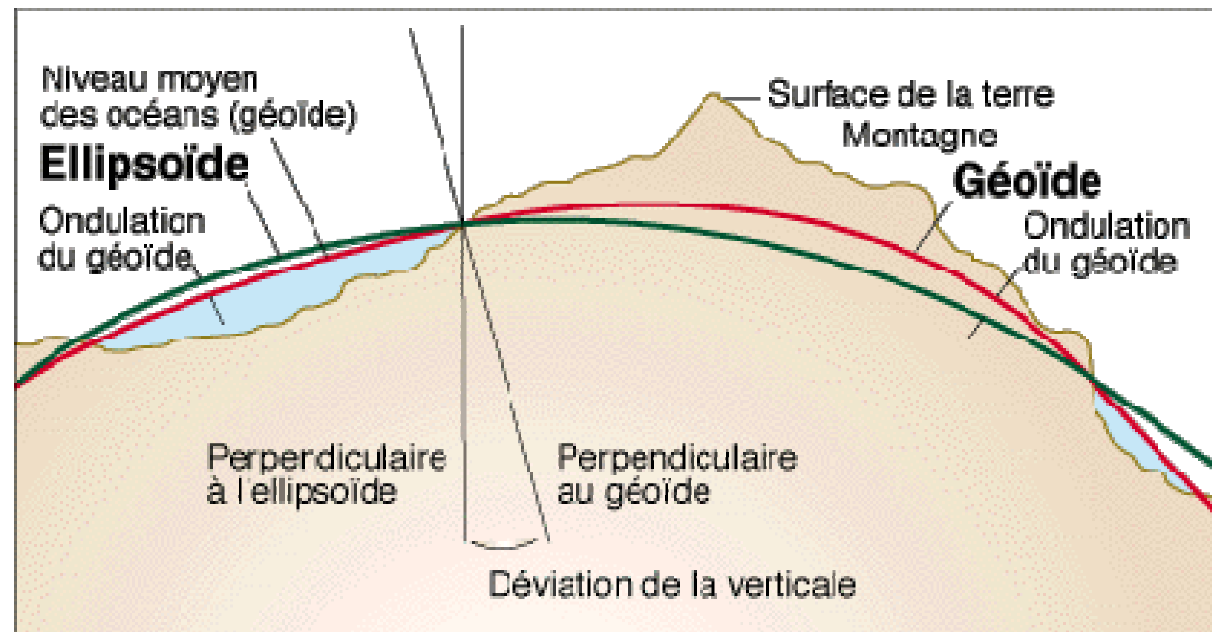




Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Un ellipsoïde comme modèle terrestre : La Terre n'est pas sphérique mais elle est aplatie et à surface irrégulière et variable dans le temps (érosion, sédimentation, tectonique …

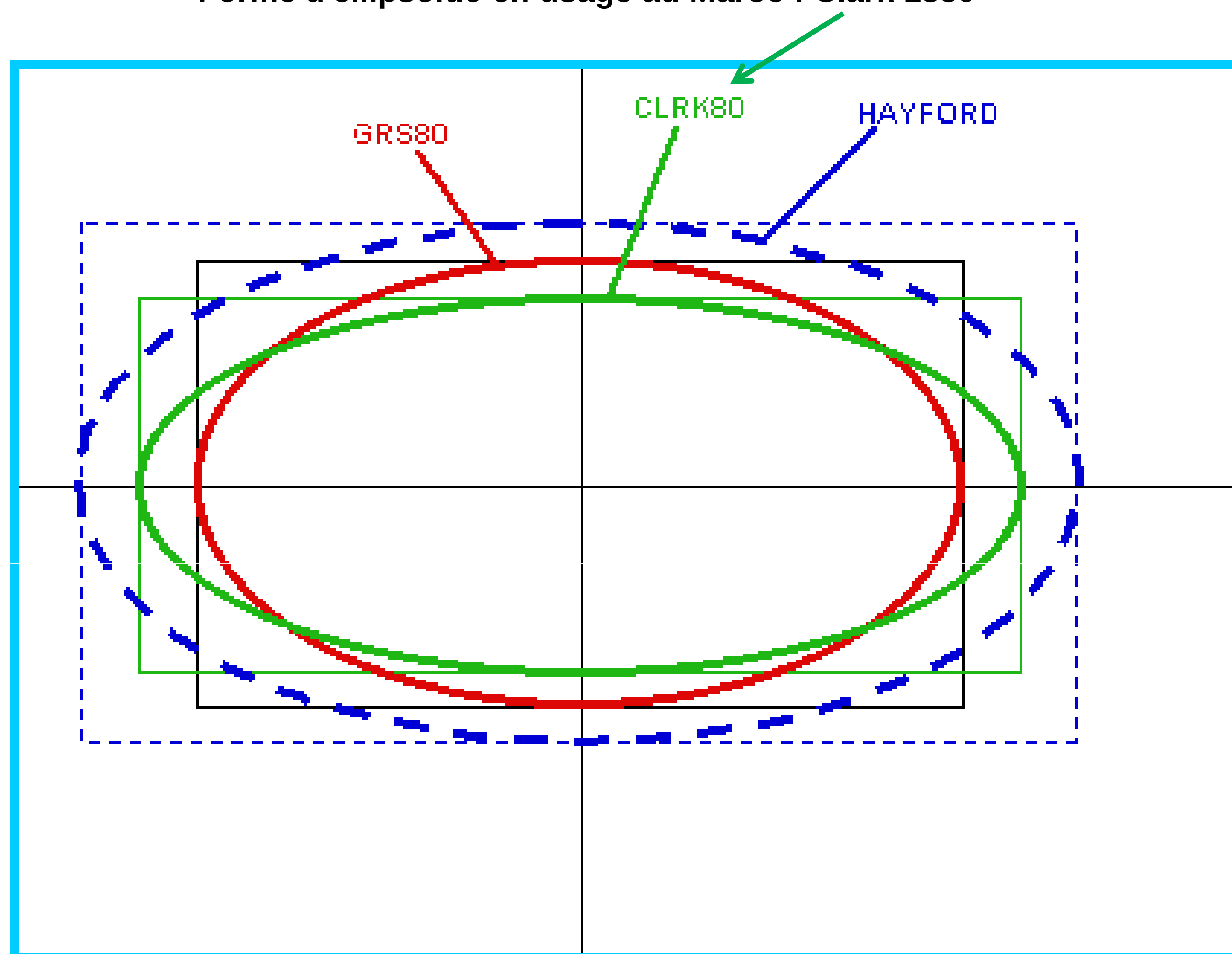
Cette forme de la terre est trop complexe pour permettre une représentation sur un plan.



Surface topographique, ellipsoïde et géoïde

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Forme d'ellipsoïde en usage au Maroc : Clark 1880



Cette forme mathématique théorique (ellipsoïde) peut varier selon la zone géographique que l'on traite et la précision que l'on recherche.

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Les systèmes de projections

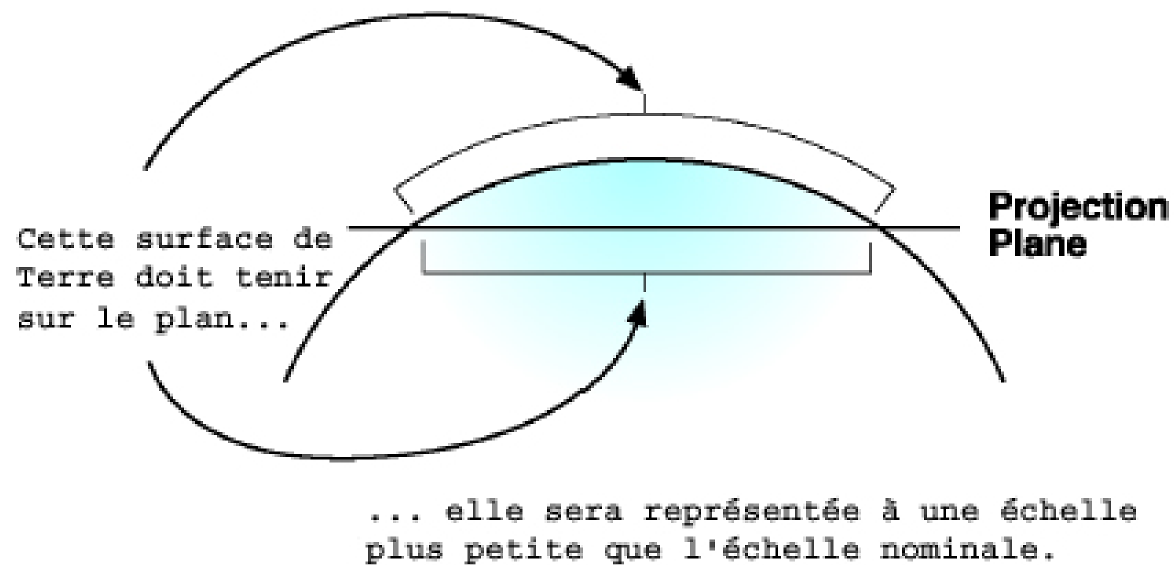
L'espace géographique est un espace courbe matérialisé par l'ellipsoïde de référence.

Pour passer de l'ellipsoïde à une carte dessinée sur un plan, il est important d'établir une correspondance, la plus fidèle possible, entre les points de l'ellipsoïde et ceux du plan.

Ce système de correspondance s'appelle le **système de projection**.

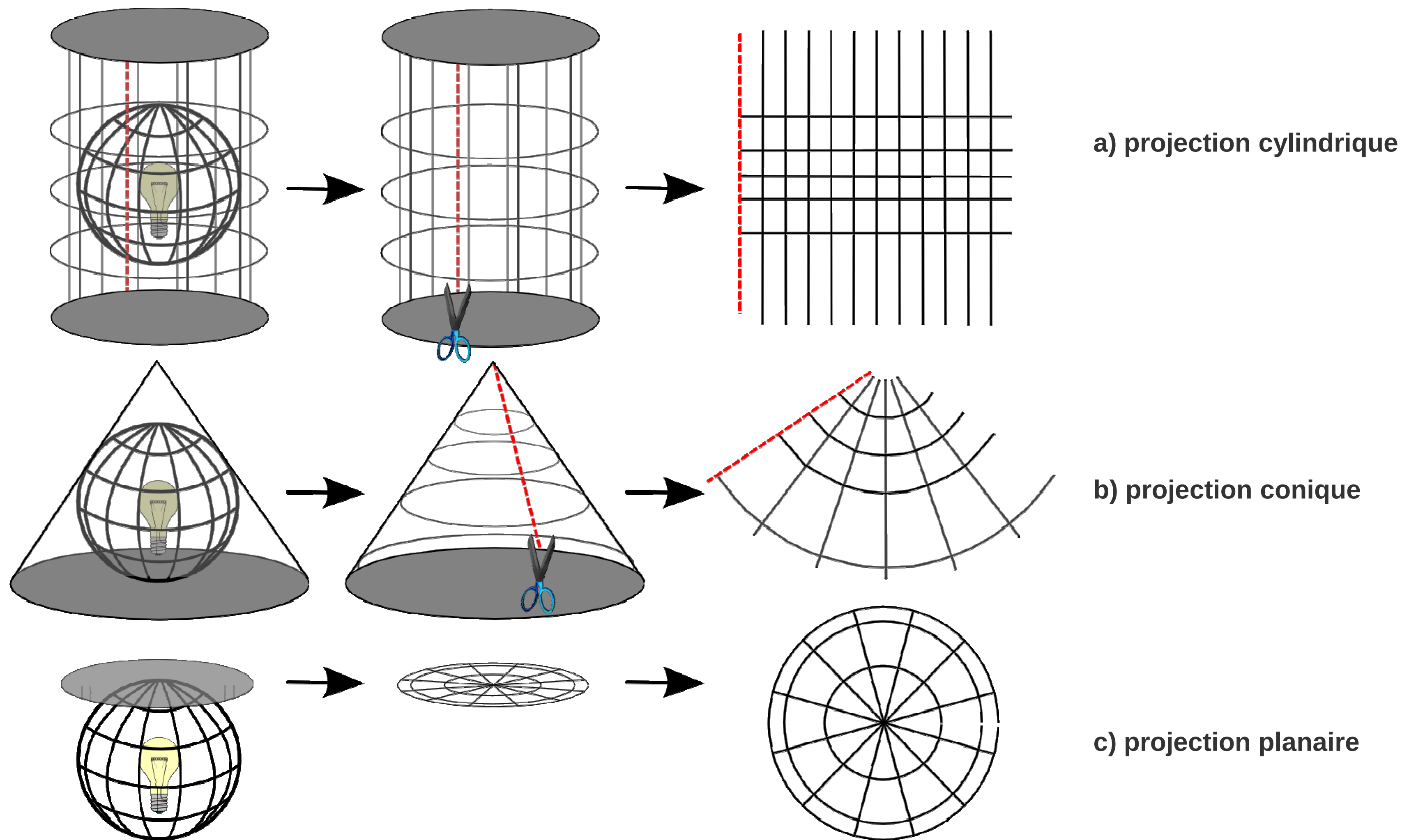
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Une fois choisie une surface de référence, le passage à la carte consiste à représenter une partie de cette surface dans un plan. Ceci implique nécessairement des déformations. En effet un ellipsoïde n'est pas une surface développable dans un plan. C'est en gros comme si, après avoir pelé une orange, on tente d'étaler l'ensemble de l'écorce sur un même plan horizontal. On est obligé alors soit de la déchirer, soit d'étirer de plus en plus cette écorce en allant vers les pôles.



Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

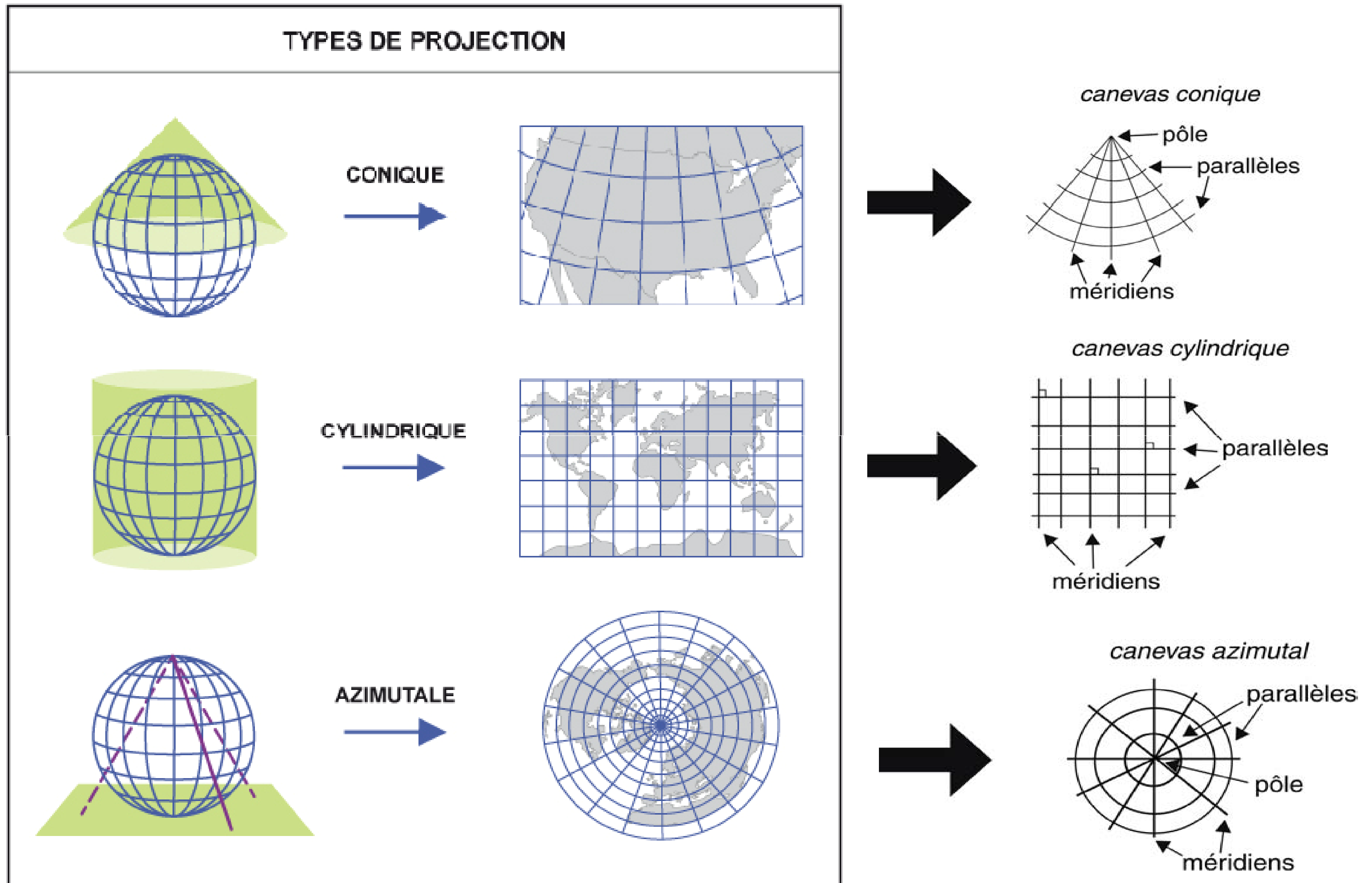
Comment passer de la sphère au plan ?



Les trois familles de projections cartographiques.

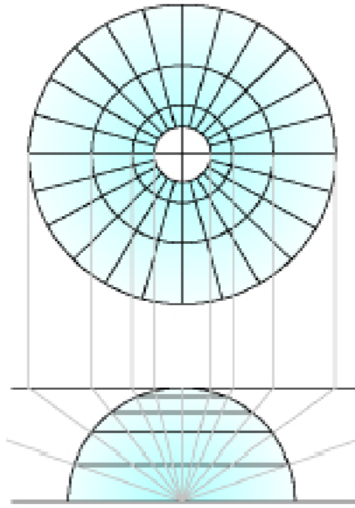
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Projections sur un plan

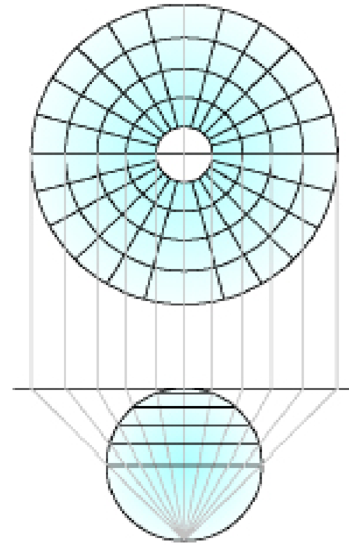


Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

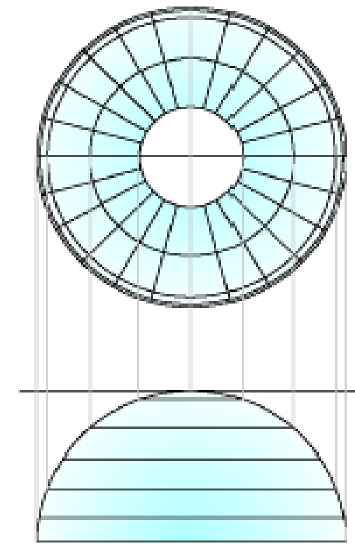
Les trois familles de projections



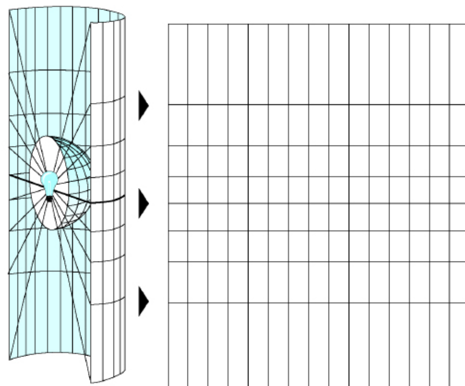
Gnomonic



Stereographic



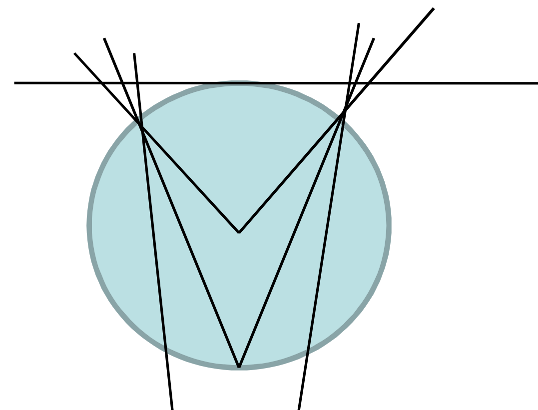
Orthographic



projection gnomonique

projection cylindrique

projection planaire



Projections cartographiques planes.

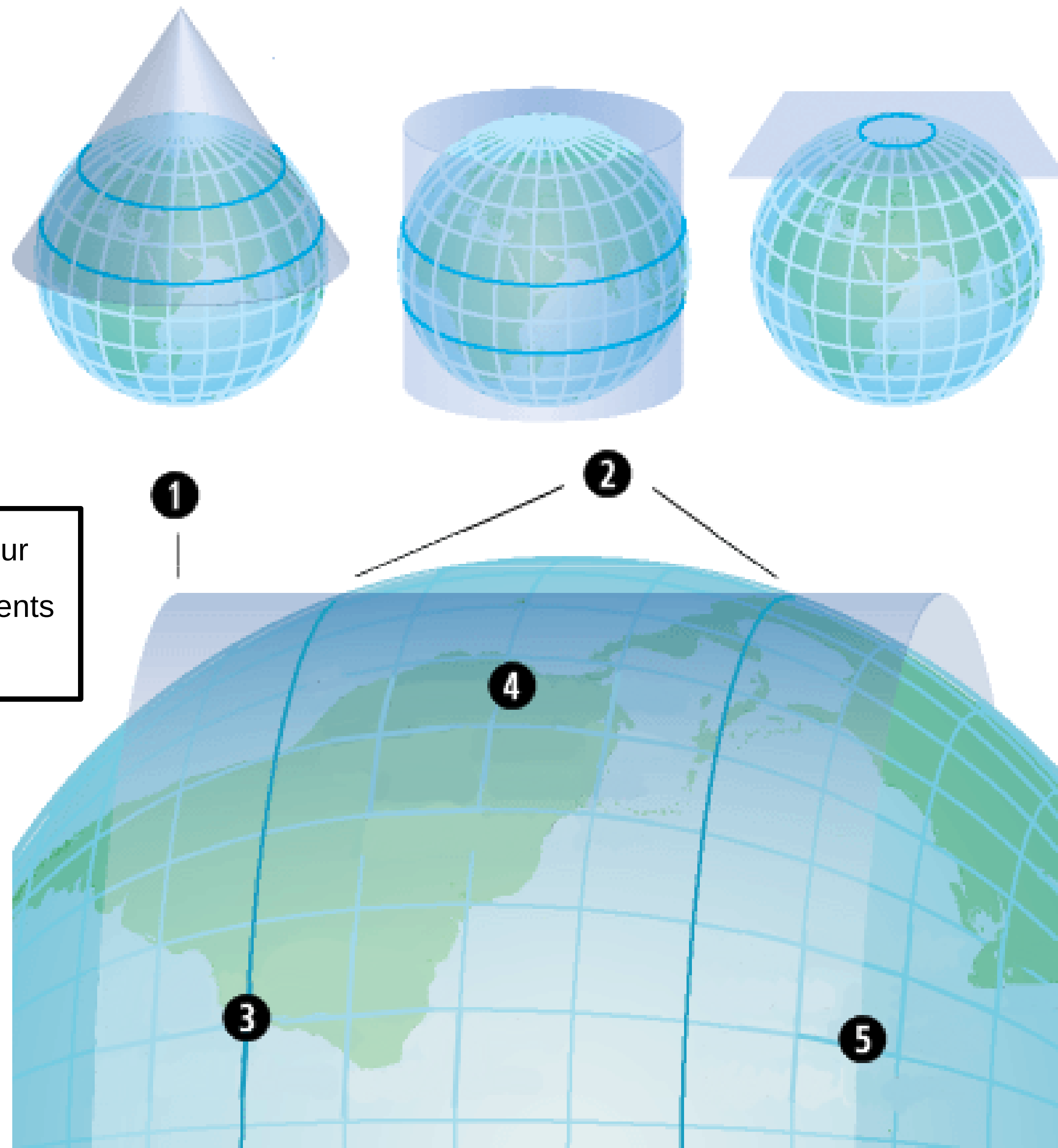
1. plan de projection

2. lignes sécantes

3. lignes sécantes sont la seule partie du plan de projection sans déformation.

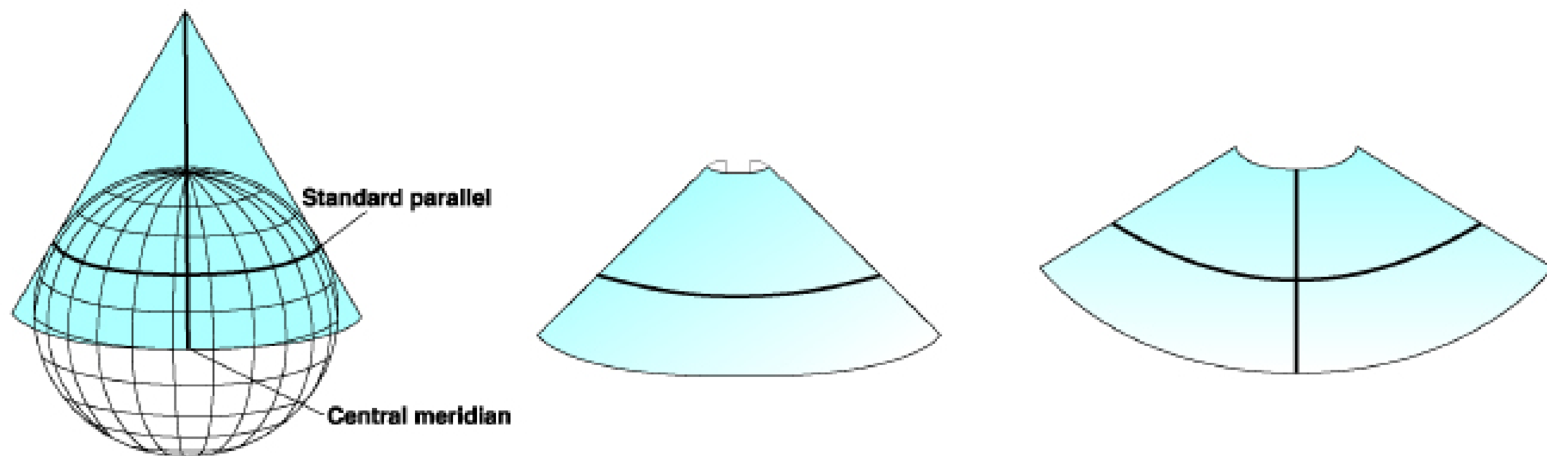
4. distorsion de projection à l'intérieur des droites sécantes rend les éléments légèrement plus petits.

5. distorsion de projection en dehors des droites sécantes rend les éléments légèrement plus grands.



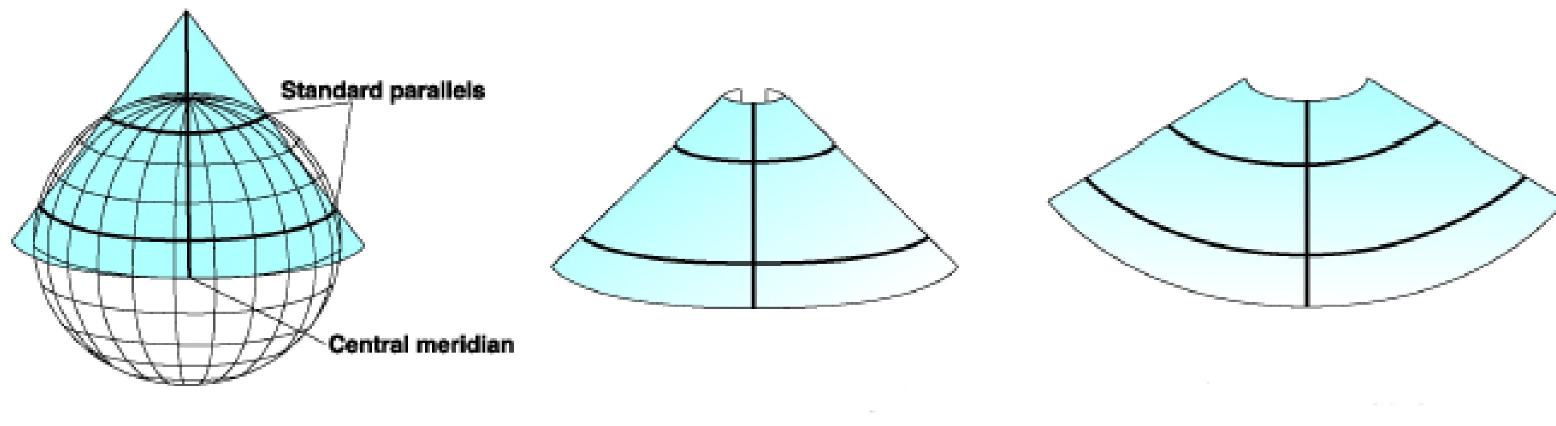
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Projection conique tangente



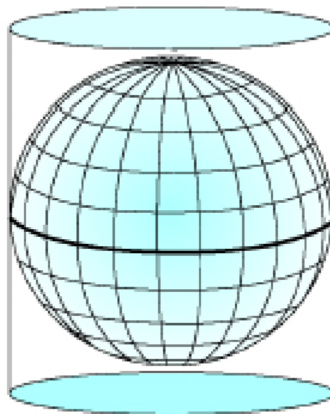
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

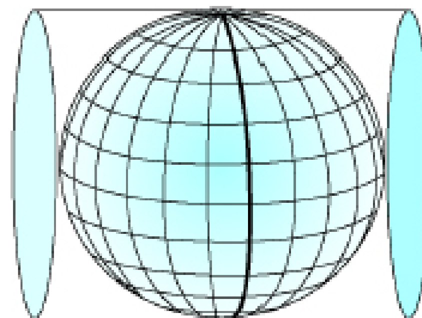
Projection conique sécante

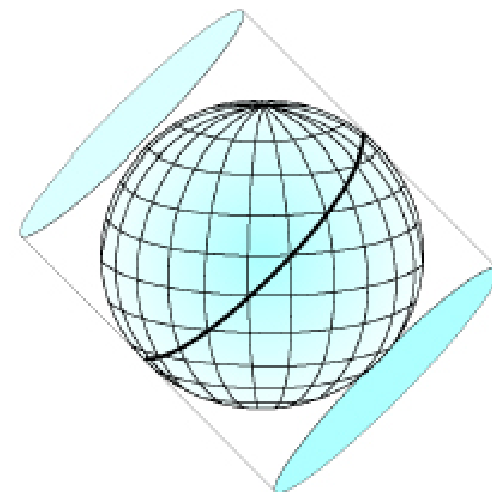


Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Projections cylindriques tangentes

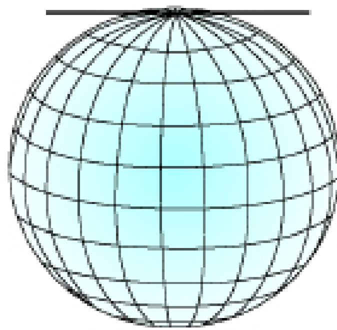


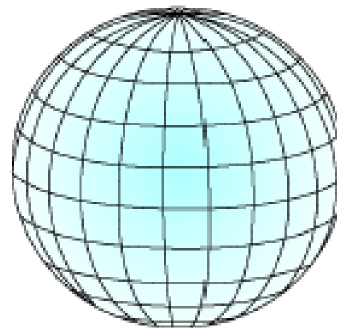


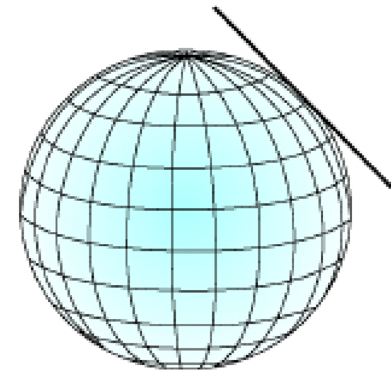


Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Le plan de tangence







Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Que cherche-t-on à conserver lors d’une projection?

-L'**objectif prioritaire** lors de la projection d'une sphère sur un plan c'est de **limiter les déformations** en fonction du but à atteindre !

Les principales **déformations** qui surviennent lors de la projection de la surface terrestre sur un plan affectent l’une ou l’autre des propriétés géométriques des éléments géographiques:

- **Les angles = *formes***=> **projection conforme (**pour se localiser, se diriger …)
- ***Les distances***=> **projection équidistante** (conserve les distances à partir d'un point donné.
- ***Les surfaces***=> **projection équivalente (**pour la cartographie à petite échelle)

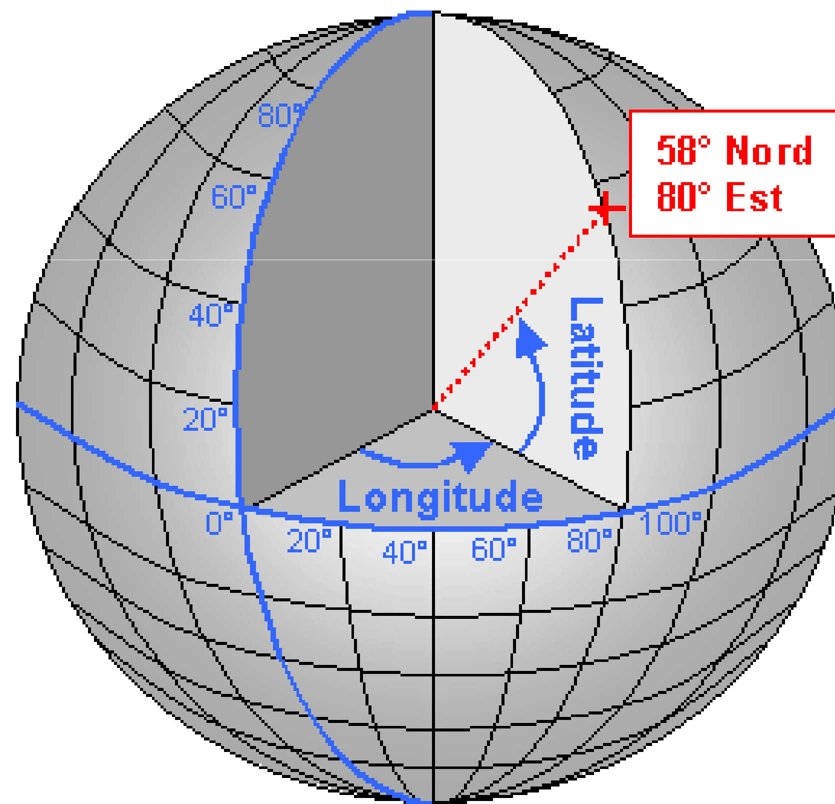
Une projection peut conserver l’une ou l’autre de ces propriétés mais aucune ne peut les préserver toutes simultanément.

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Les systèmes de Coordonnées Géographiques

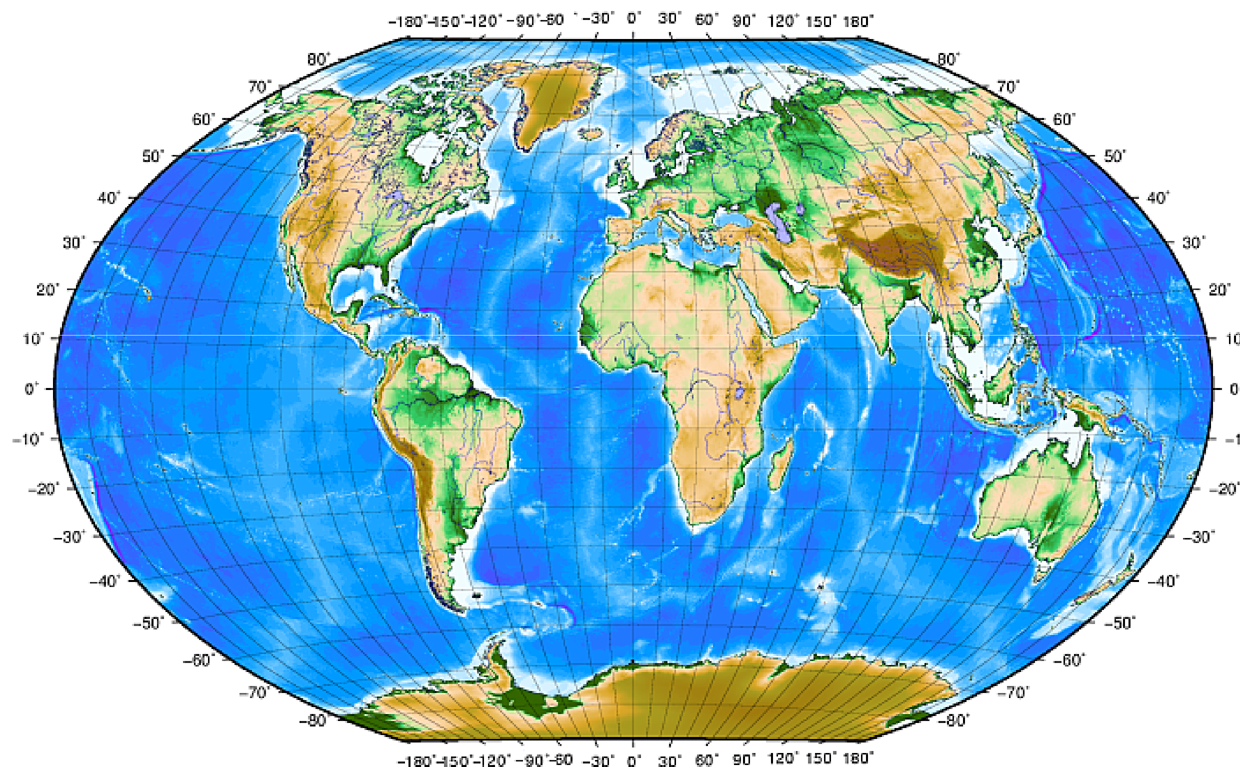
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

La localisation d'un élément à la surface de la terre peut s'exprimer sous la forme de coordonnées géographiques. Les coordonnées sont alors déclinées à l'aide de deux valeurs angulaires : Longitude, Latitude. Ces deux angles peuvent être exprimés dans différentes unités : Degrés sexagésimaux (Degrés Minutes Secondes), Degrés décimaux, Grades ou radians. Comme tous les outils informatiques, les SIG travaillent de préférence avec des coordonnées en degrés décimaux.



Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

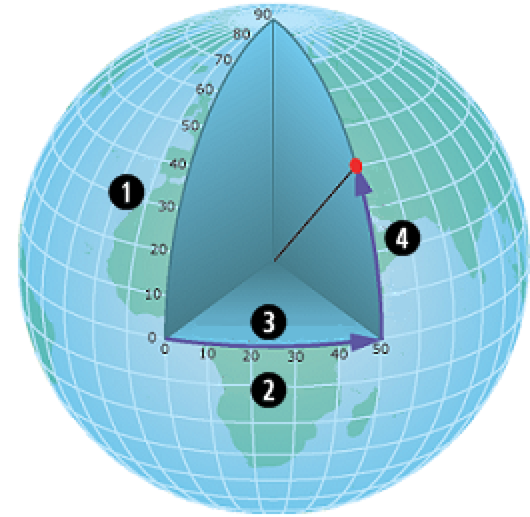
L’utilisation des Systèmes de Coordonnées Géographique est très courante. Pour définir un point à la surface de la Terre, ils utilisent la Latitude et la Longitude qui s’expriment en degrés, et parfois une valeur de hauteur est donnée en plus. Le plus connu et le plus utilisé est le Systèmes WGS 84

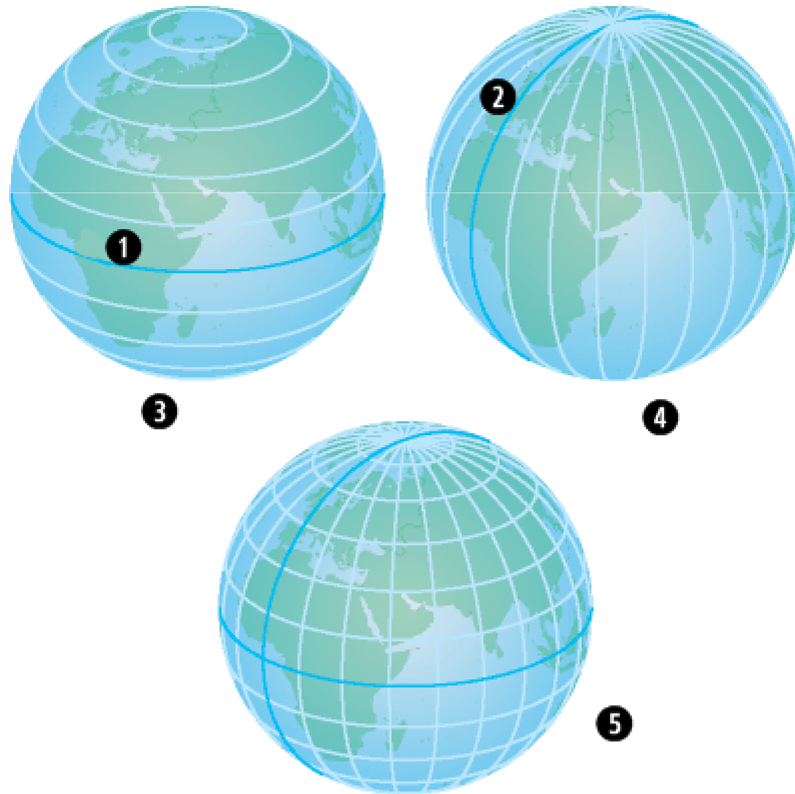


Les Systèmes de Coordonnées Géographiques avec des lignes de Latitude, parallèles à l’équateur, et des lignes de Longitude, qui démarrent avec le méridien de Greenwich (à côté de Londres)

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

1. Latitude
2. Longitude
3. 50 degrés est
4. 40 nord degré





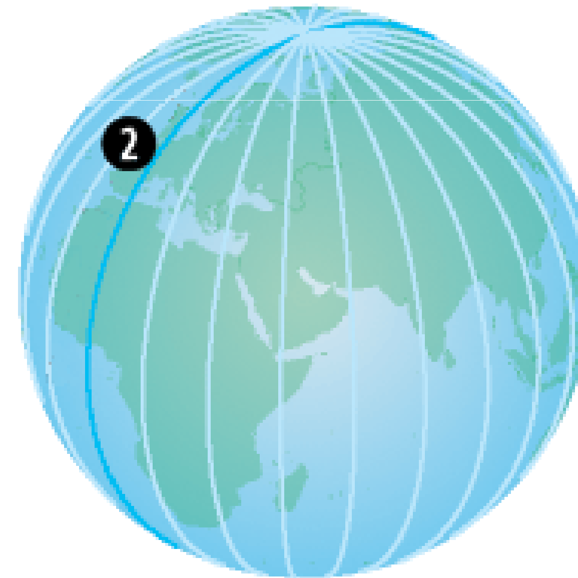
1. Equateur
2. Premier méridien
3. Parallèles: *les lignes de latitude*
4. Méridiens: *les lignes de longitude*
5. Réseau carroyage

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Bien que la longitude et la latitude peuvent localiser les positions exactes sur la surface du globe, ils ne sont pas des unités de mesure uniformes. Seulement le long de l'équateur que la distance représentée par un degré de longitude est égale à la distance représentée par un degré de latitude.

Ceci est du au faite que l'équateur est le seul parallèle comparable à un méridien. (L'équateur et tous les méridiens sont des grands cercles.)





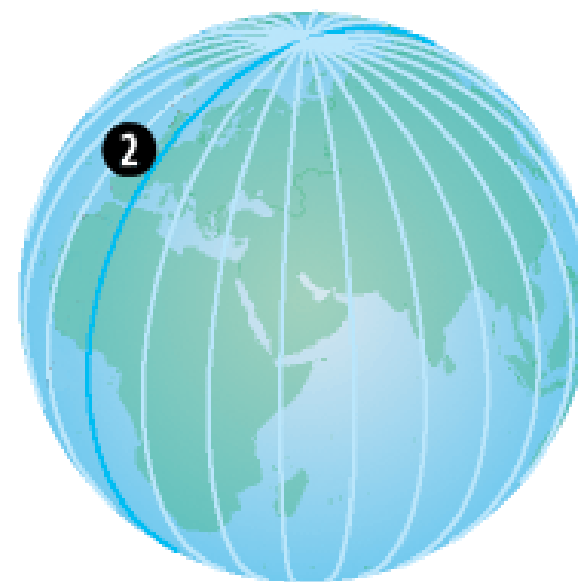
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Au-dessus et au-dessous de l'équateur, les cercles définissant les parallèles (1) rétrécissent progressivement jusqu'à devenir un point aux pôles Nord et Sud où les méridiens (2) convergent.

Puisque les méridiens convergents vers les pôles, la distance représentée par un degré de longitude diminue progressivement de l'équateur au pole nord (=0) et au pole sud (=0).

Sur l'ellipsoïde Clarke 1866, un degré de longitude à l'équateur est égal à 111,321 km, tandis qu'à 60 ° de latitude, il est seulement de 55,802 km. Ainsi les degrés de latitude et de longitude n'ont pas une longueur fixe.



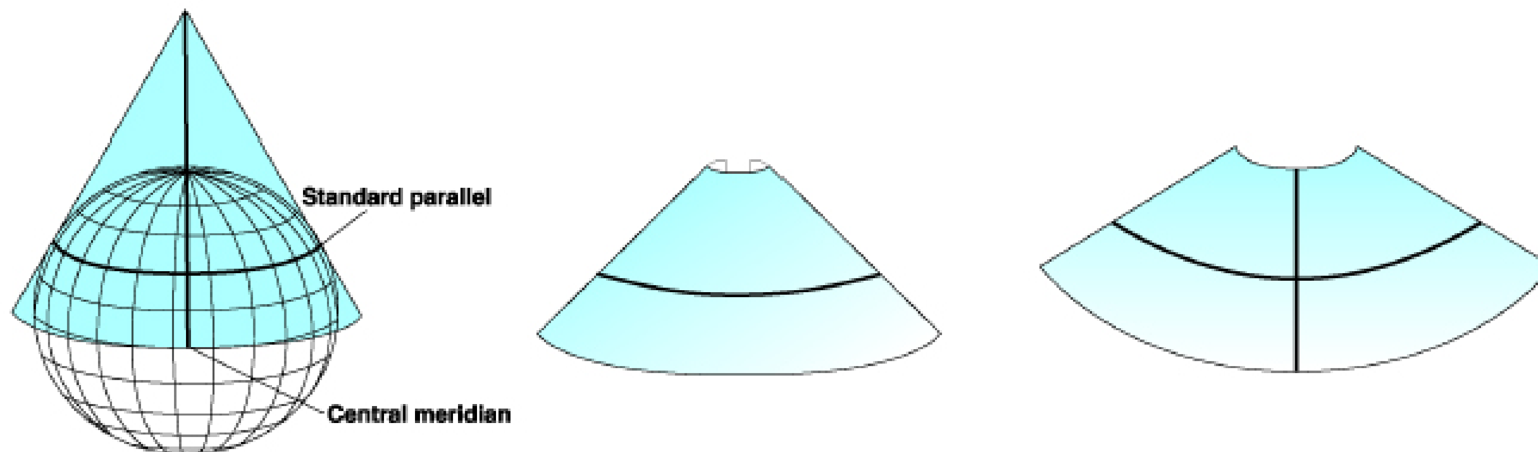


Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Les paramètres d'une projection conique conforme :

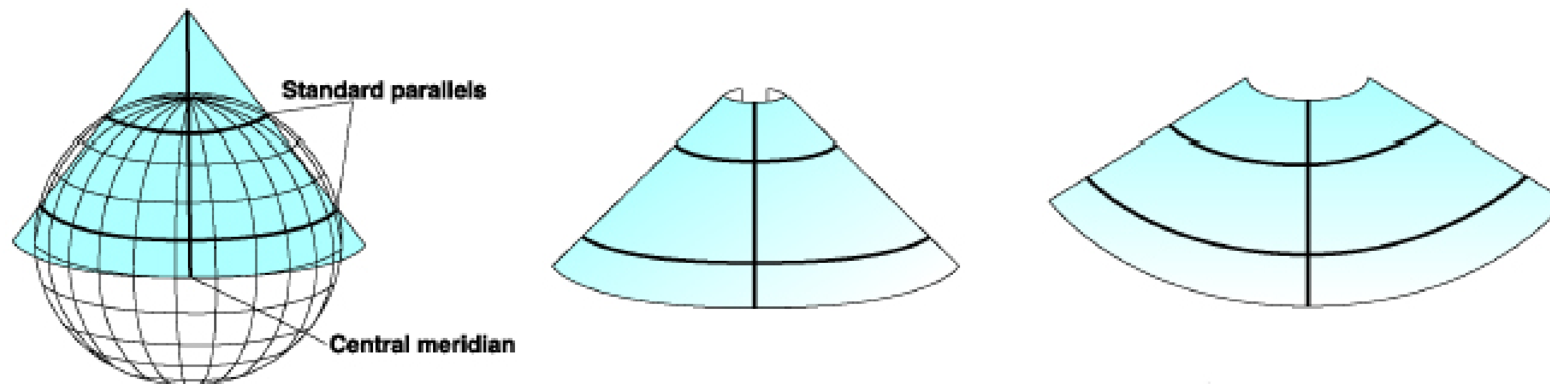
Le méridien central correspond à l'axe de symétrie à partir duquel sera développé le cône de projection. Il constitue l'axe des Y du système de coordonnées projetées.

Le parallèle origine correspond, dans le cas d'une projection tangente, à la ligne de tangence entre le cône et l'ellipsoïde. Il constitue l'axe des X du système de coordonnées projetées.



Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Dans le cas d'une projection sécante, le parallèle d'origine est situé au milieu des deux parallèles standards. Dans ce cas, les deux parallèles standards correspondent aux deux lignes d'intersection entre le cône et l'ellipsoïde.



L'origine du système de projection correspond simplement à l'intersection entre le méridien d'origine et le parallèle origine. Pour plus de commodités de nombreux systèmes de coordonnées ajoute des constantes en X et en Y aux coordonnées de l'origine (X0,Y0) afin de ne pas avoir de coordonnées négatives. Par exemple, pour le système de coordonnées "Lambert II étendu", l'origine du système de coordonnées n'est pas 0,0 mais 600000,2200000.

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Une fois choisie une surface de référence, le passage à la carte consiste à représenter une partie de cette surface dans un plan. Ceci implique nécessairement des déformations. En effet un ellipsoïde n'est pas une surface développable dans un plan.
C'est en gros comme si, après avoir pelé une orange, on tente d'étaler l'ensemble de l'écorce sur un même plan horizontal. On est obligé alors soit de la déchirer, soit d'"étirer" de plus en plus cette écorce en allant vers les pôles.

Les projections cartographiques sont des méthodes de représentation de la réalité sphérique du globe sur un plan plat. Il existe de nombreuses projections, chacune faisant un compromis spécifique entre déformations des distances, formes et surfaces.

Plus le sujet est large, plus on traite d'une réalité courbe, et plus les transformations seront importantes.

Aucune représentation cartographique en plan (2 dimensions), obtenue à la suite d'une projection, ne peut illustrer fidèlement la surface terrestre sans l'altérer.

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Les principales altérations qui surviennent lors de la projection de la surface terrestre sur un plan affectent l'une ou l'autre des propriétés géométriques des éléments géographiques:

- ***directions***
- ***distances***
- ***surfaces***
- ***formes***

Une projection peut conserver l'une ou l'autre de ces propriétés mais aucune ne peut les préserver toutes simultanément.

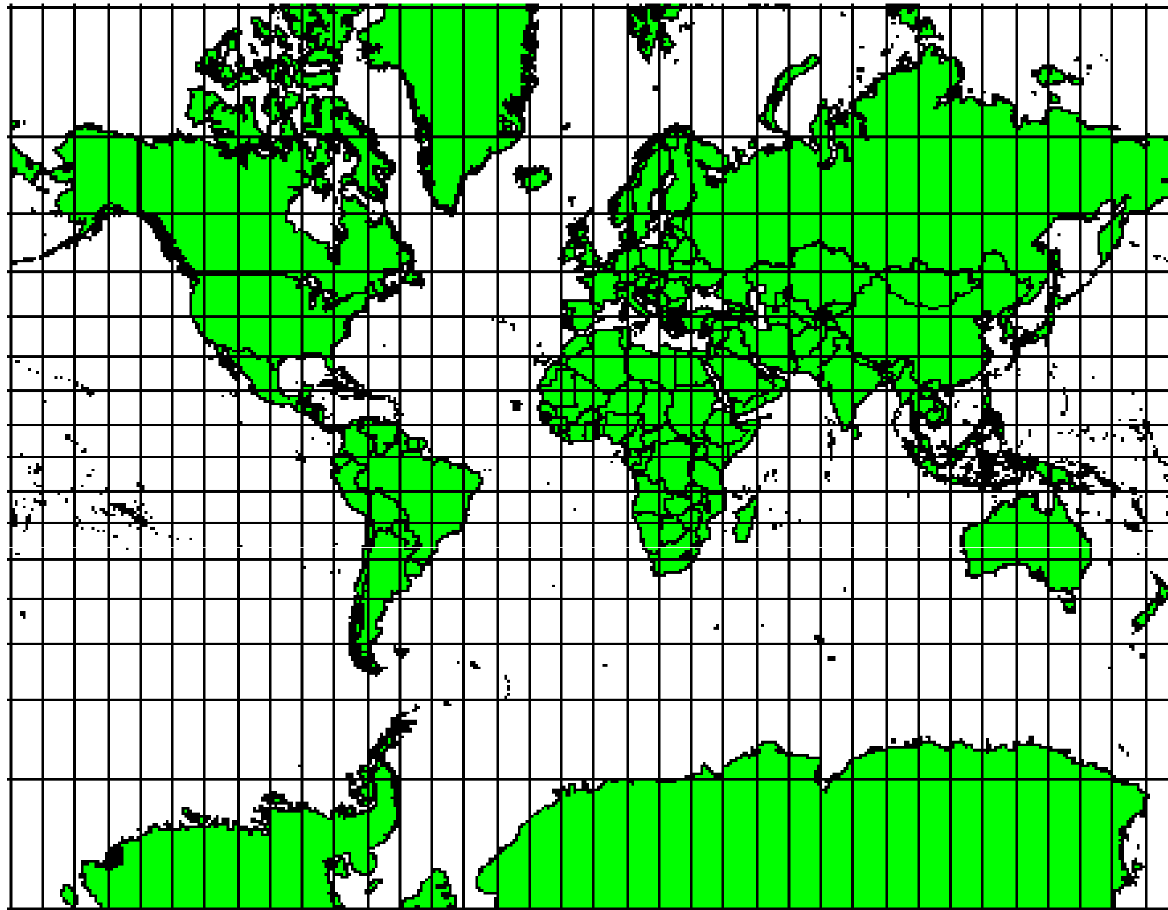
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Les différents types de projection :

Les illustrations ci-dessous représentent les pays du monde selon cinq projections différentes.

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

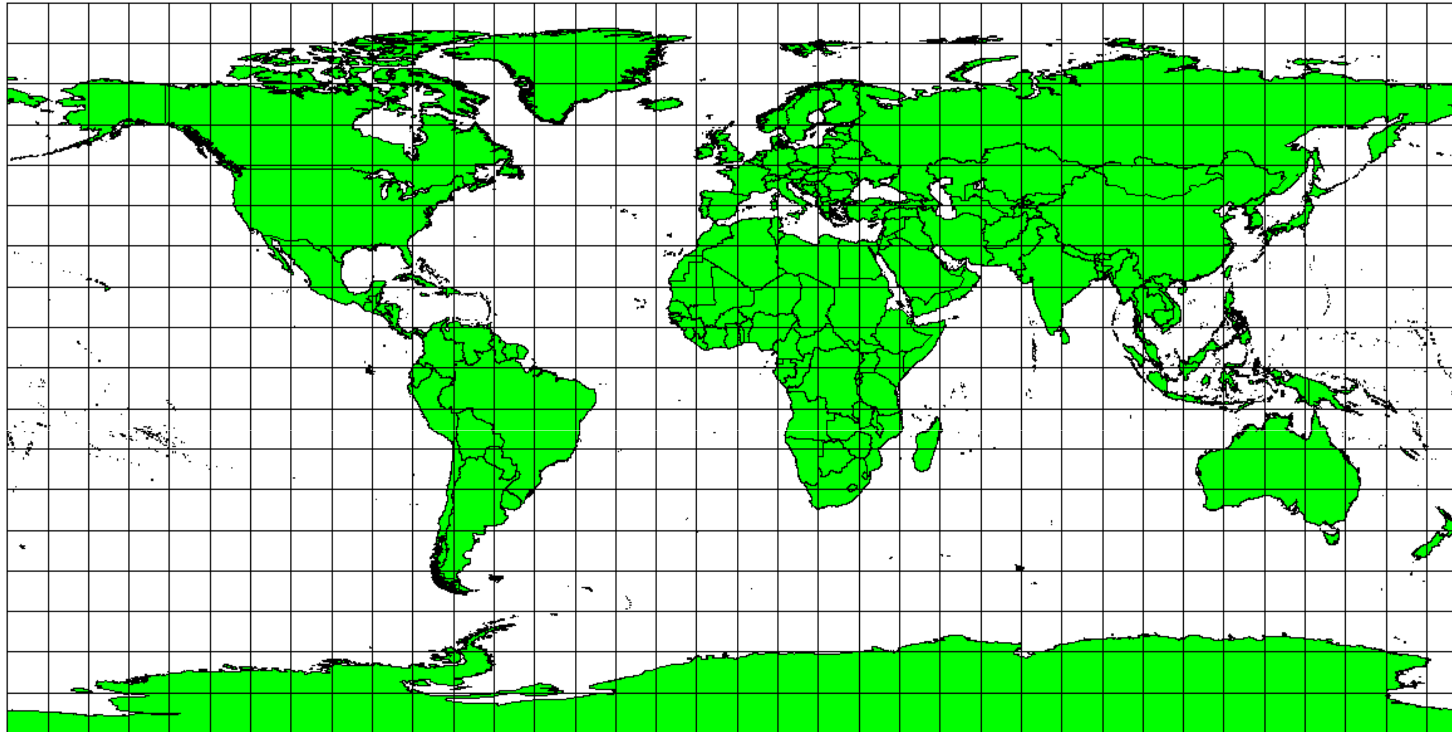
Projection conservant les angles



La projection Mercator, par exemple, est utilisée lorsque le respect des angles est important. Cependant, elle ne respecte pas les surfaces.

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Projection conservant les distances



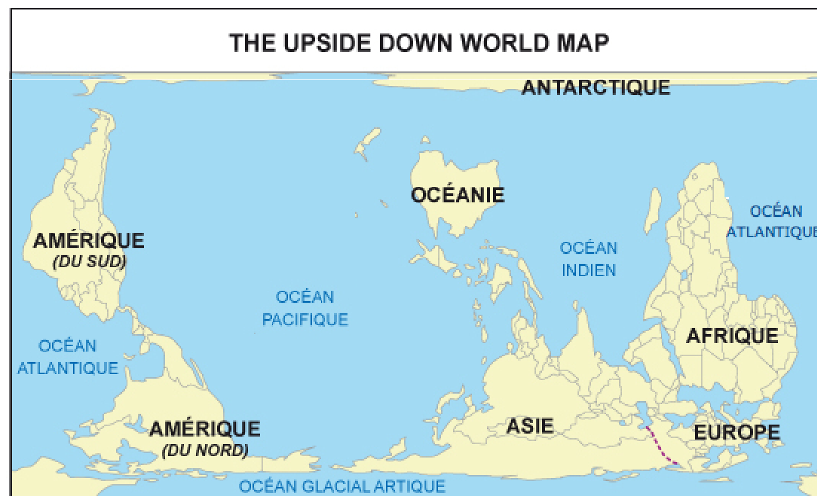
La projection “Plate Carrée” est utilisée lorsque l’on a besoin de mesure de distance précise

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

- Le planisphère a des bords : les **deux Océans glacials et le Pacifique, le plus souvent, sont découpés et rejetés aux extrémités**. Il n'y a aucune raison et c'est d'autant plus dommageable que, pour le cas du Pacifique, ça ne rend pas compte de son importance dans l'économie mondiale car il est rejeté à la périphérie alors que depuis 1980 le flux de marchandises trans-pacifique est supérieur à son homologue trans-atlantique.

- Le planisphère a un centre : visuellement, le centre est la partie la plus importante. Sur une Terre à peu près ronde, **la surface n'a pas de centre.** En définir un, contrainte obligatoire du planisphère, implique un choix, pas toujours conscient, ni toujours pertinent, comme le montre l'exemple du centrage sur l'Atlantique au lieu du Pacifique.

Ainsi, la célèbre carte *« On top down under »* est tout aussi valable qu'une autre !





Upside down map (carte du monde inversée)

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Il n'y a donc pas de planisphère parfait, et l'utilisation d'une projection plutôt qu'une autre est affaire de choix démonstratif et de mode.

La projection azimutale, centrée sur le pôle nord, a été retenue comme symbole sur le drapeau de l'ONU. Son intérêt : les grandes puissances (Europe, États-Unis, Chine, Japon, etc.) sont à la même distance du centre, donc sur un plan d'égalité visuelle. Le pôle sud a disparu, mais comme il est inhabité, cela n'a pas posé de problème diplomatique !



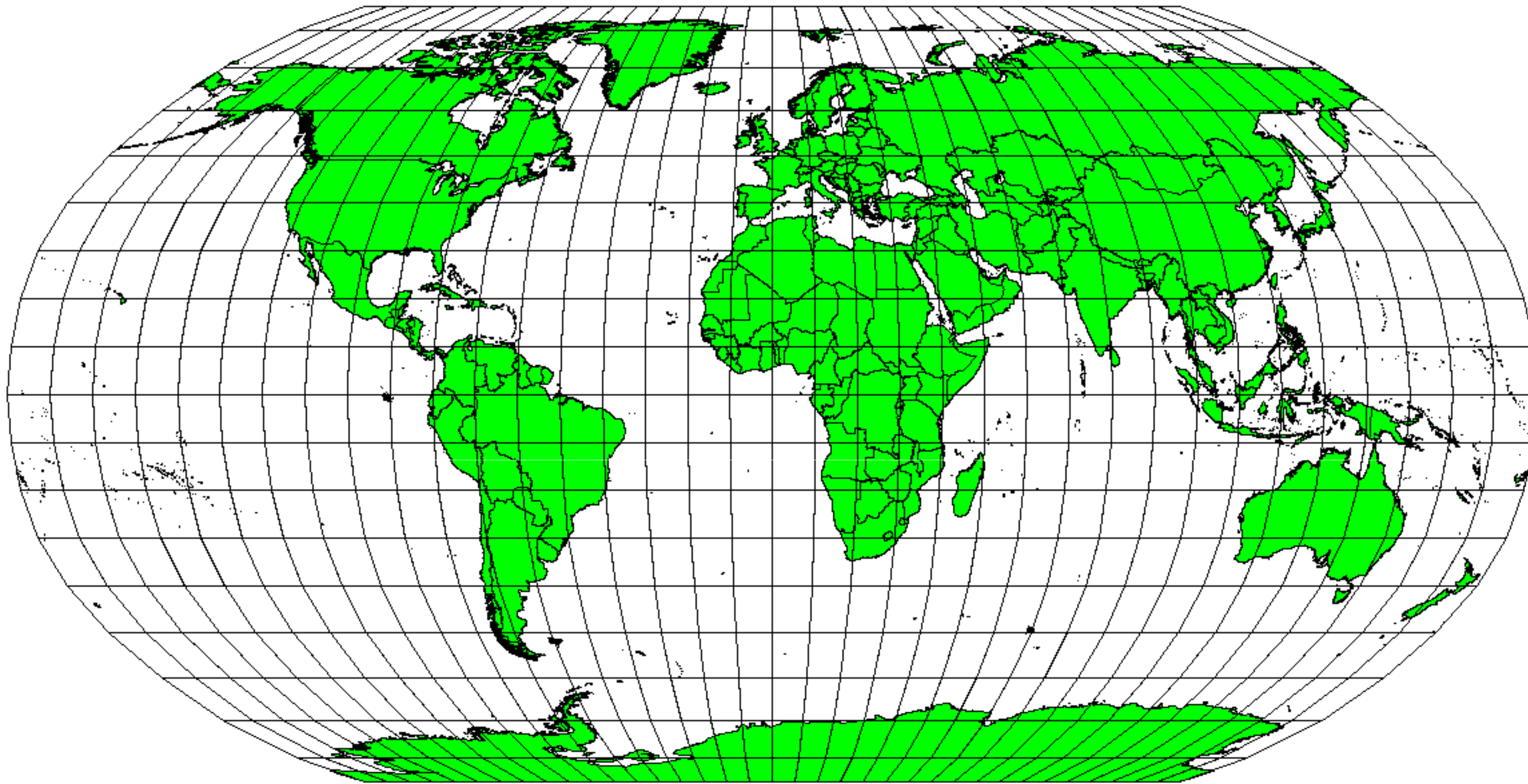
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Projection conservant les distances



Sur le logo des Nations Unies, on peut voir une représentation symbolique d'une projection azimutale équidistante.

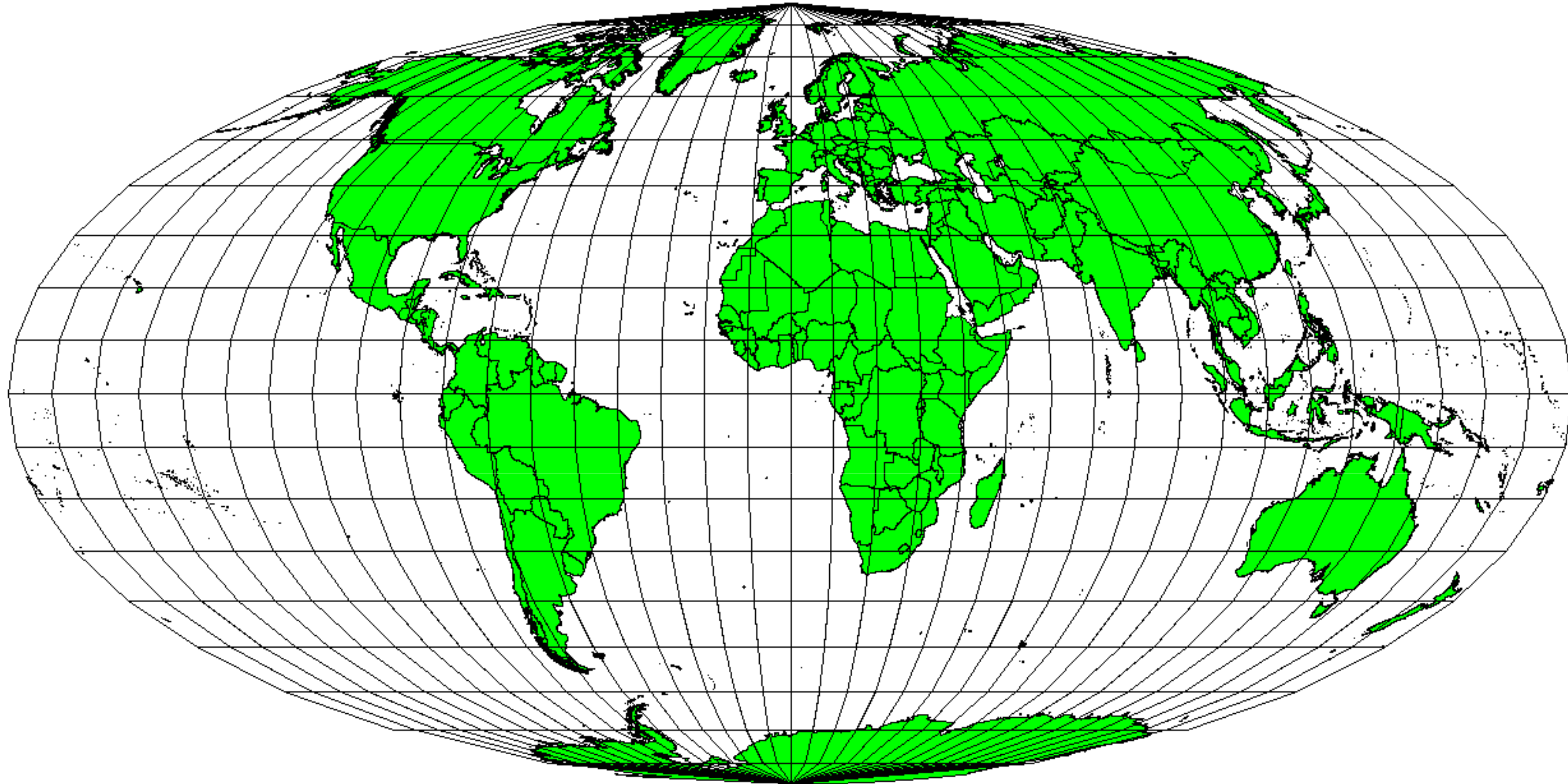
Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites



La projection Robinson est un compromis où les distorsions d’aires, la conservation des angles et des distances sont acceptables.

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

Projection respectant les surfaces



The Mollweide Equal Area Cylindrical projection, for example, ensures that all mapped areas have the same proportional relationship to the areas on the Earth.

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites

FIN 1

Ce document est propriété de l'Université Cadi Ayyad. La commercialisation et le chargement sur une plate forme externe sont strictement interdites